

Pengaruh Laju Aliran Dan Suhu Terhadap Laju Korosi Erosi Crude Palm Oil Terhadap Elbow Material Carbon Steel A53 Grade B

Asfiem Rahmat Haqin^{1*}, Budi Prasajo², Hendri Budi Kurniyanto³

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1,2}

Program studi D-IV Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: asfiemrahmat@gmail.com^{1*}; budiprasajo1968@gmail.com^{2*}; budi.hb97@gmail.com^{3*}

Abstract - In Center Port Nilam there is construction of storage tanks and pipelines that will be used for distribution and storage of CPO (Crude Palm Oil). CPO will be transport to storage tank through pipeline using carbon steel A53 grade B. In the pipeline there is pipe bride as high as 8.6 meters and under the pipe bride there is elbow that potentially to erosion corrosion. This final project is to test the effect of flow rate and temperature to corrosion erosion rate of CPO to elbow material carbon steel A53 grade B. This final project use manual calculation and testing to know the erosion corrosion rate. For calculations use DNV RP O501 standard and for testing use ASTM G31-72 standard. This research used variations of speed of 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s and temperature of 40 °C, 50 °C, 60 °C. From the results of manual calculations, can be concluded that greater flow rate's velocity can cause grater erosion corrosion rate. From the test results, can be concluded that greater flow rate's velocity and temperature can cause greater corrosion erosion rate.

Keyword: CPO (Crude Palm Oil), Elbow, Erosion Corrosion, Flow Rate, Temperature.

Nomenclature

α	sudut tumbukan
A	dimensionless parameter group (°)
γ_c	critical particle diameter
G	the particle size correction
A_t	luasan yang terkena erosi (m ²)
EL	Laju Erosi (mm/year)
Cr	Corrosion Rate (mm/year)

digunakan sebagai pemicu korosi erosi adalah CPO (Crude Palm Oil) dan jenis material yang diuji dalam penelitian ini adalah carbon steel A 53 grade B. Perhitungan secara manual laju korosi erosi pada elbow dilakukan dengan mengacu pada standar DNV RP O501 [4]. Kemudian penelitian tentang laju korosi erosi dengan menganalisa laju korosi erosi baja ST 60 dengan media air laut [3].

1. PENDAHULUAN

Korosi erosi merupakan salah satu hal yang dapat menyebabkan kegagalan pada suatu sistem perpipaan. Korosi erosi sangat dihindari oleh semua perusahaan produksi ataupun kontraktor. Terjadinya korosi erosi diakibatkan fluida yang mengalir dalam sistem memiliki sifat yang korosif dan terdapat adanya unsur solid dalam fluida yang mengalir.

Pada proyek yang berada pada Port Nilam Tengah, terdapat pembangunan storage tank dan pipeline. Storage tank dan pipeline ini akan digunakan untuk menyimpan dan meyalurkan CPO yang mengandung pasir. CPO akan disalurkan dari kapal menuju storage tank melalui pipeline berdiameter 8 inch.

Pada saat penyaluran, suhu CPO dijaga antara 40°C – 60°C. Pada pipeline, terdapat pipebridge setinggi 8,6 meter. di bawah pipebridge terdapat elbow yang berpotensi terkena korosi erosi.

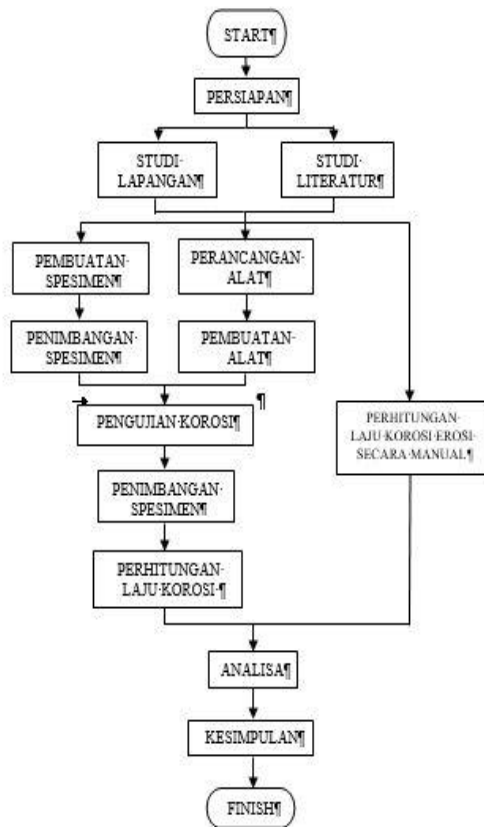
Berdasarkan masalah tersebut, maka pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh laju aliran dan suhu terhadap laju korosi erosi CPO (Crude Palm Oil) terhadap elbow material carbon steel A53 grade B. Fluida yang

2. METODOLOGI

2.1 Diagram Alir

Penelitian ini berupa pengujian laju korosi erosi dengan menggunakan metode weight loss yang mengacu pada standar ASTM G31 – 72 dan perhitungan manual laju erosi yang mengacu pada standar DNV RP O501 2007/2015. Penelitian ini meneliti laju korosi erosi CPO (Crude Palm Oil) pada elbow 22,5° menggunakan material carbon steel A53 Grade B.

Variabel yang digunakan dalam pengujian laju korosi erosi ini yaitu kecepatan laju aliran dan suhu, dimana kecepatan laju alirannya adalah 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s dan suhu pengujiannya adalah 40 °C, 50 °C dan 60 °C. Selain itu, pada penelitian ini juga menghitung laju korosi erosi secara manual dengan mangacu pada standar DNV RP O501 2007/2015. Kecepatan laju aliran yang digunakan untuk perhitungan manual adalah 1 m/s, 2 m/s dan 3 m/s. Metode penelitian ini ditunjukkan pada diagram alir pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir

2.2 Formula Perhitungan

Formula yang digunakan dalam perhitungan pada penelitian ini meliputi:

1. Laju Erosi

Perhitungan laju erosi pada *elbow* diperlukan langkah – langkah sebagai berikut [2]:

- Menghitung sudut tumbukan (α)

$$\alpha = \arctan\left(\frac{1}{\sqrt{2 \cdot R_{curvature}}}\right) \quad (1)$$

Dimana,

α = sudut tumbukan ($^{\circ}$)

$R_{curvature}$ = radius of curvature (-)

- Menghitung the dimensionless parameter group (A)

$$A = \left(\frac{\rho_m^2 \cdot \tan(\alpha) \cdot U_p \cdot ID}{\rho_p \cdot \mu_m} \right) \quad (2)$$

Dimana,

A = dimensionless parameter group (-)

ρ_m = densitas fluida campuran (kg/m^3)

α = sudut tumbukan ($^{\circ}$)

ID = inside diameter (m)

ρ_p = densitas partikel (kg/m^3)

μ_m = viskositas fluida campuran (kg/m.s)

U_p = kecepatan tumbukan partikel (m/s)

- Mentukan nilai critical particle diameter

$$\gamma_c = \frac{\rho_m}{\rho_p \cdot [1.88 \cdot \ln(A) \cdot -6.04]} , \gamma_c < 0,1 \quad (3)$$

Dimana,

γ_c = critical particle diameter (-)

ρ_m = densitas fluida campuran (kg/m^3)

ρ_p = densitas partikel (kg/m^3)

A = the dimensionless parameter group

- Menghitung the particle size correction fungsi G

$$G = \begin{cases} \frac{\gamma}{\gamma_c} , \gamma < \gamma_c \\ 1 , \gamma \geq \gamma_c \end{cases} \quad (4)$$

Dimana,

G = the particle size correction (-)

γ_c = critical particle diameter (-)

γ = d_p/ID (-)

- Menghitung the characteristic pipe bend area exposed to erosion

$$A_t = \frac{\pi}{4 \cdot \sin(\alpha)} \quad (5)$$

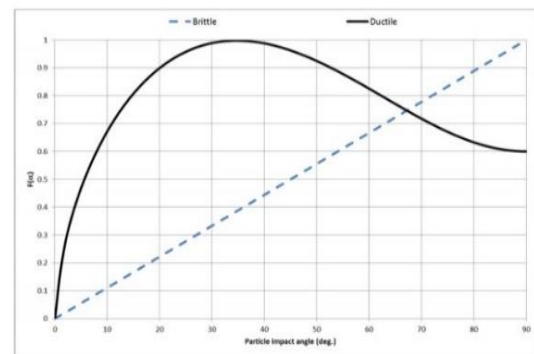
Dimana,

A_t = luasan yang terkena erosi (m^2)

ID = inside diameter pipa (m)

α = sudut tumbukan ($^{\circ}$)

- Mencari nilai $F(\alpha)$ menggunakan sudut (α) dari grafik di bawah ini



Gambar 2. Nilai $F(\alpha)$ menggunakan sudut (α)

- Mencari nilai model/geometry factor (C1)

$C1 = 2.5$

- Mencari nilai unit conversion factor (m/s \rightarrow mm/year)

$$C_{unit} = 1000 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 = 3,15 \cdot 10^{10} \quad (6)$$

- Menghitung erosion rate

$$EL = \frac{K \cdot F(\alpha) \cdot \sin(\alpha) \cdot U_p^n}{\rho_t \cdot A_t} \cdot G \cdot C_1 \cdot GF \cdot \dot{m}_p \cdot C_{unit} \quad (7)$$

Keterangan:

EL = Laju Erosi (mm/year)

K = material konstanta [$(\text{m/s})^{-n}$]

α = sudut tumbukan ($^{\circ}$)

U_p = kecepatan tumbukan partikel (m/s)

n = velocity exponent

ρ_t = density material (kg/m^3)

A_t = luasan yang terkena erosi (m^2)

G = the particle size correction (-)

$C1$ = model/geometry factor (-)

GF = faktor geometri (-)

\dot{m} = laju massa partikel (kg/s)

C_{unit} = unit faktor konversi (-)

2.3 Laju Korosi

Untuk mendapatkan nilai laju korosi menggunakan formula sebagai berikut [1]:

$$Cr = \frac{K \cdot W}{D \cdot A \cdot T} \quad (8)$$

Dimana,

Cr = Corrosion Rate (Laju Korosi) (mm/y)

K = Konstanta ($8,76 \times 10^4$)

W = Massa yang hilang (gram)

D = Density (gram/cm³)

A = Luasan Area (cm²)

T = Waktu kontak material dengan larutan (hour)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

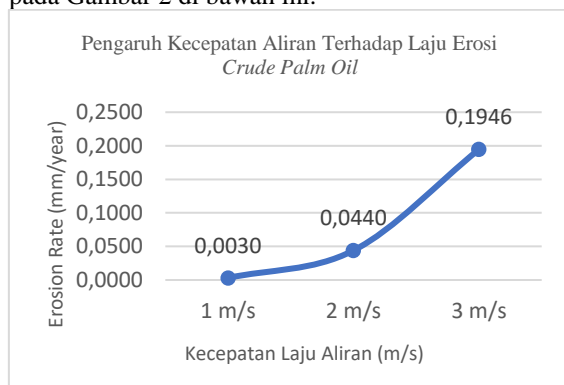
3.1 Perhitungan Laju Erosi

Dari hasil perhitungan manual yang sesuai dengan standar DNV RP O501 didapatkan hasil laju erosi yang ditunjukkan pada Table 1 di bawah ini:

Tabel 1 Hasil Perhitungan Laju Erosi Secara Manual

NO	Kecepatan Laju	Erosion Rate
	Aliran	(mm/year)
1	1 m/s	0,0030 mm/year
2	2 m/s	0,0440 mm/year
3	3 m/s	0,1946 mm/year

Dilihat dari hasil perhitungan laju erosi bahwa setiap kecepatan laju aliran memiliki nilai laju erosi yang berbeda – beda. Dari tabel di atas, maka dapat diketahui pengaruh kecepatan laju aliran terhadap laju erosi material *carbon steel* A53 Gr B yang ditunjukkan dalam bentuk grafik pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 3 Grafik Hasil Perhitungan Laju Erosi Pada Material Carbon Steel A53 Grade B

Dari hasil di yang telah diperoleh, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan laju aliran, maka laju erosi semakin besar.

3.2 Hasil Pengujian Korosi

Metode yang digunakan dalam pegujian korosi adalah *weight loss* yang mengacu pada standar ASTM G31 – 72. Pengujian ini menggunakan variasi kecepatan laju aliran dan

suhu. Kecepatan laju aliran yang digunakan adalah 1 m/s, 2m/s, 3m/s dan suhu yang digunakan adalah 40°C, 50°C, 60°C. Berikut hasil pengujian korosi yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Immersion

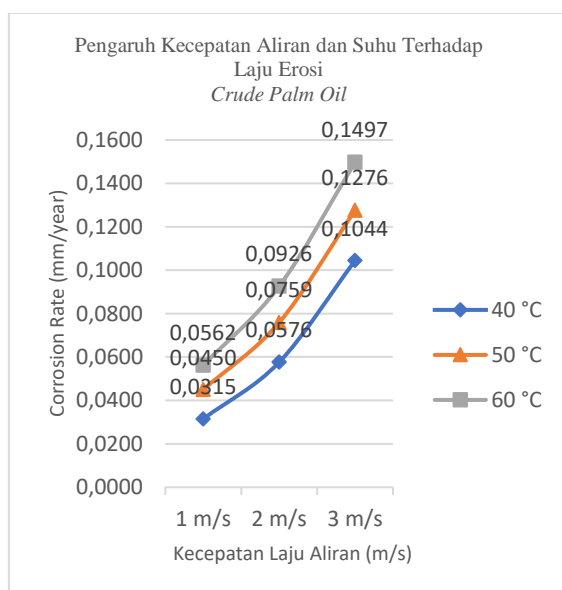
KECEPATAN (m/s)	SUHU (Celcius)	NO	W1 (g)	W2 (g)	ΔW (g)
1 m/s	40	A1	49.0666	49.0624	0.0042
	40	A2	52.1152	52.1106	0.0046
	40	A3	51.6551	51.6506	0.0045
	50	B1	50.8292	50.8230	0.0062
	50	B2	51.7867	51.7803	0.0064
	50	B3	50.6658	50.6591	0.0067
	60	C1	50.2644	50.2569	0.0075
	60	C2	49.2396	49.2310	0.0086
	60	C3	48.3933	48.3857	0.0076
2 m/s	40	D1	51.2448	51.2357	0.0091
	40	D2	51.1802	51.1719	0.0083
	40	D3	50.4658	50.4575	0.0083
	50	E1	47.4521	47.4416	0.0105
	50	E2	49.6780	49.6679	0.0101
	50	E3	49.2330	49.2215	0.0115
	60	F1	49.3783	49.3652	0.0131
	60	F2	50.2092	50.1955	0.0137
	60	F3	51.2686	51.2557	0.0129
3 m/s	40	G1	51.4288	51.4122	0.0166
	40	G2	53.2954	53.2804	0.0150
	40	G3	48.6913	48.6771	0.0142
	50	H1	48.3124	48.2938	0.0186
	50	H2	51.6048	51.5853	0.0195
	50	H3	47.5486	47.5322	0.0164
	60	I1	50.5969	50.5729	0.0240
	60	I2	47.1310	47.1125	0.0185
	60	I3	47.4284	47.4079	0.0205

Hasil perhitungan laju korosi erosi dari hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Laju Korosi Erosi

W RATE (m/s)	TEMPERATURE (Celsius)	SPECIMEN	W1 (g)	W2 (g)	ΔW (g)	A (cm ²)	CR (mm/year)	Average CR (mm/year)
1 m/s	40	A1	49.0666	49.0624	0.0042	30.974	0.0315	0.0315
	40	A2	52.1152	52.1106	0.0046	33.809	0.0316	
	40	A3	51.6551	51.6506	0.0045	33.209	0.0315	
	50	B1	50.8292	50.8230	0.0062	33.764	0.0426	0.0450
	50	B2	51.7867	51.7803	0.0064	32.679	0.0455	
	50	B3	50.6658	50.6591	0.0067	33.209	0.0468	
	60	C1	50.2644	50.2569	0.0075	32.099	0.0542	0.0562
	60	C2	49.2396	49.2310	0.0086	33.209	0.0598	
	60	C3	48.3933	48.3857	0.0076	32.099	0.0547	
2 m/s	40	D1	51.2448	51.2357	0.0091	34.319	0.0614	0.0576
	40	D2	51.1802	51.1719	0.0083	34.939	0.0551	
	40	D3	50.4658	50.4575	0.0083	34.319	0.0563	
	50	E1	47.4521	47.4416	0.0105	32.099	0.0756	0.0759
	50	E2	49.6780	49.6679	0.0101	32.654	0.0716	
	50	E3	49.2330	49.2215	0.0115	33.209	0.0805	
	60	F1	49.3783	49.3652	0.0131	32.654	0.0934	0.0926
	60	F2	50.2092	50.1955	0.0137	33.209	0.0958	
	60	F3	51.2686	51.2557	0.0129	33.834	0.0885	
3 m/s	40	G1	51.4288	51.4122	0.0166	33.764	0.1142	0.1044
	40	G2	53.2954	53.2804	0.0150	35.559	0.0979	
	40	G3	48.6913	48.6771	0.0142	32.609	0.1011	
	50	H1	48.3124	48.2938	0.0186	33.209	0.1300	0.1276
	50	H2	51.6048	51.5853	0.0195	34.319	0.1319	
	50	H3	47.5486	47.5322	0.0164	31.519	0.1208	
	60	I1	50.5969	50.5729	0.0240	34.409	0.1619	0.1497
	60	I2	47.1310	47.1125	0.0185	31.519	0.1363	
	60	I3	47.4284	47.4079	0.0205	31.519	0.1510	

Dilihat dari hasil perhitungan laju korosi bahwa setiap perlakuan memiliki nilai laju korosi yang berbeda – beda. Dari tabel di atas, maka dapat diketahui pengaruh kecepatan laju aliran dan suhu terhadap material *carbon steel* A53 grade B yang ditunjukkan pada grafik di bawah ini.



Gambar 4 Grafik Pengaruh Kecepatan Laju Aliran dan Suhu Terhadap Laju Korosi Material Carbon Steel A53 Grade B.

Dari hasil perolehan data laju korosi dapat diketahui pengaruh variasi kecepatan laju aliran dan suhu terhadap laju korosi *carbon steel* A53 Gr B pada fluida CPO (*Crude Palm Oil*). Dari hasil tersebut, diketahui bahwa semakin tinggi kecepatan laju aliran dan suhu maka semakin tinggi pula laju korosinya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisa pada hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Semakin besar kecepatan laju aliran, semakin besar pula nilai laju erosinya. Dari hasil perhitungan manual, nilai laju korosi erosi terendah terdapat pada kecepatan 1 m/s sebesar 0,003 mm/year, sedangkan yang tertinggi terdapat pada kecepatan 3 m/s sebesar 0,1946 mm/year. Demikian juga dari hasil pengujian. Pengujian dengan suhu 40 °C, laju korosi erosi terendah terdapat pada kecepatan laju aliran 1 m/s sebesar 0,0315 mm/year; sedangkan tertinggi terdapat pada kecepatan laju aliran 3 m/s sebesar 0,1044 mm/year. Pengujian dengan suhu 50 °C laju korosi erosi terendah pada kecepatan laju aliran 1 m/s sebesar 0,0450 mm/year; dan yang tertinggi pada kecepatan laju aliran 3 m/s sebesar 0,1276 mm/year. Pengujian dengan suhu 60 °C laju korosi erosi terendah pada kecepatan laju aliran 1 m/s sebesar 0,0562 mm/year, sedangkan yang tertinggi pada kecepatan laju aliran 3 m/s sebesar 0,1497 mm/year.
2. Semakin besar suhu, semakin besar pula nilai laju erosinya. Dari hasil pengujian dengan kecepatan laju aliran 1 m/s nilai laju korosi erosi terendah pada suhu 40 °C sebesar 0,0315 mm/year; dan yang tertinggi pada suhu 60 °C sebesar 0,0562 mm/year. Pengujian dengan kecepatan laju aliran 2 m/s nilai laju korosi erosi terendah pada suhu 40 °C sebesar 0,0576 mm/year, dan yang tertinggi pada suhu 60 °C sebesar 0,0926 mm/year. Pengujian dengan kecepatan laju aliran 3 m/s nilai laju korosi erosi terendah pada suhu 40 °C sebesar 0,1044, dan yang tertinggi pada suhu 60 °C sebesar 0,1497 mm/year.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam pembuatan penelitian ini. Pihak yang dimaksud adalah:

1. Kedua orang tua yang selalu mendukung dan mendoakan untuk menyelesaikan penelitian ini.
2. Budi Prasajo ST., MT. sebagai pembimbing yang membantu menyelesaikan penelitian ini.

3. Hedri Budi Kurniyanto, S.ST, MT. sebagai pembimbing yang membantu menyelesaikan penelitian ini.
4. Senior Teknik Perpipaan yang membantu menyelesaikan penelitian ini.
5. Teknik Perpipaan 2014 yang selalu memotivasi untuk menyelesaikan penelitian ini.

6. PUSTAKA

- [1] *American Society of Testing and Material G31 – 72 (2004). Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals.*
- [2] *Det Norske Veritas and Germanischer Lloyd RP – 0501 (2015). Managing Sand Production and Erosion*
- [3] M. Riki Noviadam, A. M. S., 2016. *Analisis Laju Korosi Erosi Pada Baja ST60 Dalam Berbagai Medium Air Laut.* Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- [4] Yunan, A. M., 2017. *Analisa Laju Erosi dan Perhitungan Lifetime Terhadap Material Stainless Steel 304, 316 dan 317 Pada Aliran Reject 1ST Cleaner to 2ND Cleaner OCC Line Voith Unit SP 3-5 DI PT. Parkerin (Pabrik Kertas Indonesia).* Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)